Aus der tropenmedizinischen Abteilung der
Militärärztlichen Akademie in Berlin
Leiter: Prof. Dr. H. Ziemann

Die moderne Wasserversorgung in den Tropen und ihre Hygiene.

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des
Medizinischen Doktorgrades
an der
Universität Berlin

vorgelegt von
Carl-Heinz Görwitz
aus Fichtenau.

25. Sept. 1939.

Regensburg
Verlag, Buch- und Kunstdruckerei Gg. Aumüller & Sohn
1939

M 39

Gedruckt mit Genehmigung
der
Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. Kreuz
Referent: Prof. Dr. Ziemann
Korreferent: Prof. Dr. Pesch

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Dem Andenken meines Vaters
und meiner Mutter gewidmet.

Die Versorgung mit Wasser ist die Voraussetzung jedes organischen Lebens und damit auch jedes menschlichen Kulturschaffens überhaupt gewesen, zu welcher Zeit und in welchem Teil der Erde es auch entstanden sein mag. Zu einer Frage des „Sein oder Nichtsein" aber wurde die Wassergewinnung, als die weiße Rasse an die Eroberung und Kolonisation der Gebiete ging, die man gemeinhin als die Tropen bezeichnet. Das besondere Klima und die dadurch bedingten Krankheiten rafften dort vor noch nicht allzu langer Zeit einen erheblichen Prozentsatz der Europäer dahin, die in die Tropen gingen.

Es ist bekannt, daß die verschiedenen Klimate der Erde Ausbreitungsgebiete ganz bestimmter infektiöser Keime und damit gewisser Krankheitsbilder sind, die nur selten unter besonderen Umständen in anderen, klimafremden Zonen auftreten können. Die Domäne der Darm- und Blutparasiten, wie der Erreger der Cholera, der Bazillenruhr, der Amöbendysenterie, der Malaria und einer großen Anzahl anderer pathogener Keime sind die Tropen, und ihre Wiege und bevorzugter Uebertragungsweg ist direkt oder indirekt das Wasser. Damit aber wurde auch die Wasserfrage zu einem hygienisch-medizinischen Problem erhoben. Während in den gemäßigten Breiten dem Hygieniker allenfalls noch die Ueberwachung des Wassers auf seine bakterielle und chemische Reinheit obliegt und alle anderen Fragen der Heranschaffung guten Wassers längst Spezialwissenschaften und Technikern übertragen ist, muß in den Tropen der Hygiene in allen Wasserfragen das letzte, entscheidende Wort zukommen.

Die Wasserversorgung ist letzten Endes auch abhängig vom Klima, worunter die Summe aller metereologischen und tellurischen Faktoren zu verstehen ist, die von Einfluß auf den tierischen und pflanzlichen Organismus sind. (Ziemann) Das Klima des Teiles der Erde, der zwischen den mathematisch-geographisch gefaßten Grenzen, den Wendekreisen des Steinbocks und des Krebses liegt, und das wir allgemein als „tropisch" bezeichnen, ist in überwiegendem Maße von den physikalischen Faktoren der Strahlung von Sonne, Himmel und Erdoberfläche bedingt. Die Folge dieser Strahlungen, abgesehen von der unmittelbaren Wirkung auf den Menschen, ist die Erhitzung des Bodens und des Wassers. Ist doch die Wärmemenge, die einer horizontalen Fläche zugeführt wird, bei Zenithstand der Sonne über

15 mal größer als z. B. bei einem Sonnenstand von 10° über dem Horizont. (Rodenwaldt) Der zweite maßgebliche Faktor, der nicht nur neben der Temperatur für das Wohlbefinden des Europäers, sondern auch für die Wasserverhältnisse im allgemeinen von Bedeutung ist, ist die hohe relative Feuchtigkeit der Luft. Hierunter versteht man die Prozentzahl Feuchtigkeit d. h. Wassergehalt in 1 cbm Luft bei jeweiliger Temperatur und Barometerdruck. Zwar zeichnen sich Wüsten- und Steppengebiete durch zuweilen außerordentliche Trockenheit aus, doch ist das typische Tropenklima durch Höhe und Gleichmäßigkeit der Temperatur und relativ hohe Feuchtigkeit ausgezeichnet. Beide Momente beeinflussen einander. Durch die enorme, von der Sonnenstrahlung bewirkte Wasserverdampfung und durch die ausgedehnten tropischen Urwälder reichert sich die Luft oft bis nahe der absoluten Sättigung mit Wasserdampf an. So beobachtete Ziemann in Kamerun zuweilen eine relative Feuchtigkeit von 99 %. Die Folge der Wasserverdampfung wiederum sind riesige Regenmengen. So maß derselbe Autor am Fuße des kleinen Kamerunberges eine jährliche Regenmenge von 10—12 000 mm. Als Vergleichszahl soll nur die Regenmenge von Berlin mit 600 mm angeführt sein. Wenn es sich in Kamerun auch wohl um das, neben Arrapanji im Himalaya, regenreichste Gebiet der Erde handelt, so ist doch auch im Uluguru-Gebirge in Deutsch-Ostafrika nicht selten ein Jahresdurchschnitt von 4—5 000 mm gemessen worden. Häufig ist die Dunstschicht in den Tropen bei Hochstand der Sonne infolge der Wasserverdampfung so stark, daß die Sonnenstrahlung überhaupt nicht mehr durchdringt. So ist in Kamerun z. B. gerade zurzeit des Höchststandes der Sonne die kühlere Jahreszeit. Die mittlere Jahrestemperatur des Tropengürtels dürfte zwischen 20—28° C liegen.

Die unmittelbaren Folgen dieser beiden bestimmenden Klimafaktoren der Tropen auf den menschlichen Organismus äußern sich in erster Linie in ihrer Einwirkung auf den Wasserhaushalt, also auf den Kreislauf. Eine vermehrte Schweißbildung setzt ein, wobei der Körper gleichzeitig einen etwas dunkleren und in seiner Menge verminderten Urin ausscheidet. Damit aber wird das Flüssigkeitsbedürfnis, also der Durst gesteigert. Die Ansichten über den Bedarf an Wasser gehen bei den einzelnen Autoren auseinander und richten sich nicht zuletzt nach der zu Gebote stehenden Wassermenge. Das tägliche Trinkwasserbedürfnis, das in unseren Breiten auf 2,5 l bemessen wird, steigt so auf 3 bis 5 l und bei körperlichen Leistungen im tro-

pischen oder subtropischen Wüstenklima sogar bis auf 10 l pro Tag. (Ruge-Mühlens-zur Verth) Wenn auch der einzelne durch Selbsterziehung die Flüssigkeitszufuhr einzuschränken vermag, so kann gerade der körperlich Tätige wegen der dadurch bedingten Gefahr der Wärmestauung (Hitzschlag) unter keinen Umständen auf eine reichliche Flüssigkeitsmenge verzichten.

Eijkman hat folgende Durchschnittswerte über den Trinkwasserverbrauch in den Tropen angegeben:

für den Europäer	3 l/tgl.
für den Farbigen	2 l/tgl.
für den Europäer einschl. Baden, Kochen, Waschen	60 l/tgl.
dazu Gebrauchswasser für W. C.	10 l/tgl.
für Gartenbegießen	2 l/m²
für ein Pferd	50 l/tgl.

Eijkman dürfte hier hauptsächlich holländisch Indien im Auge gehabt haben.

Als täglichen Wasserbedarf nimmt man im allgemeinen für tropische Städte: 150 l für den Weißen, 50 l für den Eingeborenen an. In Krankenhäusern rechnet man 225 l tgl. für jede Person.

Neben dem Trink- und Gebrauchswasser ist die Heranschaffung von Badewasser in den Tropen eine unumgängliche Notwendigkeit. Die erheblich erhöhte Schweißsekretion, die eine wärmeregulatorische Maßnahme des Organismus darstellt, und die damit verbundene Reizung der Haut machen allein aus rein gesundheitlichen Gründen das tägliche Bad zu einem Erfordernis. Auch hierfür ist, wenn irgendmöglich, einwandfreies Wasser zu verwenden. Es muß also das Ziel einer modernen Wasserversorgung sein, zum Trinken, Kochen, Körper- und Geschirreinigen, zum Wäschewaschen und Baden ein als Trinkwasser brauchbares Wasser heranzuschaffen. Dies aber ist deswegen in den Tropen so schwierig, weil einwandfreies Wasser an und für sich seltener ist, und weil es auch Verunreinigungen in weit höherem Maße als anderswo ausgesetzt ist. Eine eingehende physikalische, chemische, bakteriologische und mikroskopische Untersuchung muß deshalb darüber entscheiden, ob ein Wasser zum Genuß freigegeben werden kann.

Welche groben hygienischen Forderungen müssen nun an ein Trinkwasser gestellt werden?

Physikalische Untersuchungen:

Gutes Trinkwasser ist klar, geruch- und geschmacklos und in dünner Schicht farblos. Der Geschmack des Wassers wird

am besten bei einer Temperatur von 30° C geprüft. In ariden Gegenden muß man natürlich gerade in diesem Punkte weniger anspruchsvoll sein als im gemäßigten Klima. Eine Geschmacksverbesserung des destillierten Wassers erreicht man durch Aufbereitung mit Kalksteinrieslern, Belüftung und Kohlensäurezufuhr. Den Geruch prüft man am zweckmäßigsten bei 50° C. Die bekömmlichste Solltemperatur an der Verbrauchsstelle soll um 12° C betragen. Damit ein Wasser erquickend wirkt, ist durch eine tiefe und vor Sonnenstrahlung geschützte Verlegung des Verteilungsnetzes eine möglichst niedrige Temperatur anzustreben.

Chemische Untersuchungen:

Zu diesem Zweck ist bei der deutschen Marine ein einfach zu bedienender Reagenzkasten im Gebrauch. Ein anderer handlicher Kasten ist von Giemsa zusammengestellt. Für provisorische Zwecke ist es von Wert, sich auch ungefähr über die Beschaffenheit des Wassers bezüglich 1. der Härte, 2. des Gehalts an Chlor und organischen Bestandteilen, 3. des Gehalts an Ammoniak und salpetriger Säure zu unterrichten. Gerade letzteres ist von großer Bedeutung, da diese Substanzen Endprodukte zersetzten organischen Eiweißes darstellen. Der von Burroughs Wellcome & Co. EC I in den Handel gebrachte kleine Solvid-Kasten hat sich hier gut bewährt und ist nach Anweisung von jedem Laien leicht zu bedienen. Auf die genaueren chemischen Untersuchungen soll hier nicht näher eingegangen werden.

Als Normalwerte der im Trinkwasser enthaltenen Elemente und Verbindungen sind von Kubel-Tiemann angegeben:

Calcium u. Magnesiumoxyd (Härte)	180—200	mg/l
Chlor	20—30	„
entsprechend Chlornatium	33—50	„
Schwefelsäure (SO_3)	80—100	„
Salpetersäure (N_2O_5)	5—15	„
Ammoniak Salpetrige Säure (N_2O_3)	0 oder geringe Spuren	

In Trockengebieten weichen aber diese Zahlen meistens von den oben angegebenen ab. Besonders ist man oft gezwungen, an den Chlorgehalt einen weit geringeren Maßstab anzulegen. Wasser mit 2 g/l Chlor wird in Südwestafrika noch getrunken. Pferde und Maulesel nehmen nach allmählicher Gewöhnung noch gerne 5,5 g/l chlorhaltiges Wasser zu sich. Auch ist der Wechsel von Salz- zu Süßwasser mitunter sehr plötzlich. Es kommt nicht selten vor, daß inmitten von stark salzhaltigem Grundwasser sich Süßwasserinseln befinden und umgekehrt.

In Daressalam und einigen anderen Küstenstädten Ostafrikas mußten z. B. 1904 eine Anzahl Brunnen zugeschüttet werden, da ihr Grundwasserstrom plötzlich mit dem Meerwasser in Verbindung getreten war und das sonst einwandfreie Trinkwasser einen derart hohen Salzgehalt aufwies, daß das Wasser für Mensch und Tier nicht mehr genießbar war. Im Nildelta wirkt sich die Versalzung durch das Meer bis 60 km landeinwärts im Grundwasserstrom aus. Aus diesen Angaben kann man entnehmen, daß im allgemeinen die in Nähe der Küste gebohrten Wasser zwar wegen ihres meist biologisch einwandfreien Zustandes allenfalls als Gebrauchswässer Verwendung finden können, aber wegen ihres Salzgehaltes als Trinkwasser ungeeignet sind.

Biologische Untersuchungen:

Die regelmäßige bakteriologische Untersuchung des Wassers ist wegen der dauernden Infektionsgefahr in den Tropen eine dringende Forderung. Der oben erwähnte Kasten von Giemsa enthält gleichzeitig zugeschmolzene Glasröhrchen mit Nährböden für die wichtigsten Bakterienkulturen. Als Nährboden findet Tropengelatine, bestehend aus 3—4 Teilen Gelatine 15 % und 1 Teil Agar 1,5 % Verwendung. Eine besonders eingehende Prüfung auf Darmbakterien steht hier im Vordergrunde.

Von ausschlaggebender Bedeutung aber ist die Frage nach der Herkunft des Wassers, sowie gegebenenfalls die des Transportes. Woher bezieht der Europäer wie der Eingeborene sein Trinkwasser, und welche modernen Mittel hat ihm heute die Technik in die Hand gegeben, sich zu seinem Genuß brauchbares und hygienisch einwandfreies Wasser zu verschaffen? Während in den trocknen Ländern, vorwiegend in den Subtropen, die Frage der Wasserauffindung im Brennpunkte steht, muß die vornehmste Sorge in den vegetations- und niederschlagsreichen tropischen Gebieten die Wasserreinigung sein. Die Wassererschließung erstreckt sich auf die Ausbeutung der von der Natur dargebotenen Wässer, auf die Gewinnung durch künstlichen Eingriff und schließlich auf seine Erzeugung.

Zur Wassergewinnung stehen uns im wesentlichen vier Quellen zur Verfügung:

I. die Grundwässer

II. die Niederschlagswässer

III. die Oberflächenwässer der Flüsse und Seen

IV. die Feuchtigkeit der Luft als solche.

Das hauptsächlichste Kontingent zur Wasserversorgung

stellt nach wie vor das Grundwasser dar. Als gespannte, d. h. unter einem gewissen Druck stehende Wässer tritt es in Form von Quellen, Solen oder in Art der artesischen Brunnen frei zu Tage. In den meisten Fällen aber kommt uns die Natur nicht entgegen, sondern umfangreiche Bohrungen müssen zu seiner Auffindung unternommen werden. Je nach der Tiefenlage wird in einer groben, für unsere Zwecke aber genügenden Einteilung zwischen a) Obergrundwasser, b) Tiefengrundwasser unterschieden. Die aus dem Obergrundwasser gespeisten Quellen weisen zwar geringeren Mineralgehalt auf, sind aber meist reich an organischen Stoffen. In der Regel steht das Wasser von Quellen, auch wenn sie einwandfrei eingefaßt sind, in gesundheitlicher Beziehung den künstlich erbohrten Brunnen nach. Im Gebirge entspringendes Quellwasser ist dann genießbar, wenn in seinem Fassungsbereich und Einzugsgebiet keine Ansiedlungen sind.

Quellen sind frei zu Tage tretende Grundwässer. Eine besondere Art findet man häufig in Ostafrika z. B. im Obergrundwasserbereich von Dar-ressalam. Dort findet man an Talanfängen trichterförmige Vertiefungen in der Erde. Durch unterirdische Ausnagung durch die Quellen hat man solche Bildungen zu erklären versucht, die nach reichen Niederschlägen und starker Durchfeuchtung des Bodens für kurze Zeit unterhalb des sogen. Quellhorizontes zu liegen kommen. In trocknen Gebieten entstehen Quellen nicht allzu häufig, und wenn sie entstehen, spenden sie auch nur vorübergehend Wasser. Sie sind deshalb für eine regelmäßige Wasserversorgung nicht geeignet, und eine Erschließung von Tiefengrundwasser ist daher notwendig.

Die verschiedensten geologischen, mineralogischen und hydrologischen Untersuchungen sind für die Wasserauffindung zur Versorgung größerer Gemeinwesen angegeben und vorgenommen worden. In Gegenden, wo von dem edlen Naß alles Leben und Gedeihen abhängt, bedient man sich verständlicherweise aller Mittel, vom Medizinmann bis zur Wünschelrute, um die schmalen Rinnsale der Grundwasser ausfindig zu machen. Keller hält die Wünschelrute für ein brauchbares Instrument zur Wasserauffindung. Dafür sprechen auch die Beobachtungen Schuberts südlich von Windhuk. Die Mutung mit der Wünschelrute ist durch physiologische Eigenschaften gewisser Menschen bedingt und stellt in der Hand eines erfahrenen, hydrologisch geschulten vielleicht ein, wenn auch wenig verläßliches Mittel dar.

Von alters her wird das Vorkommen bestimmter Pflan-

zen oder einer bestimmten Vegetation zum Auffinden von Grundwasser benutzt. Einzelne kleine Gehölze in der Grassavanne von Kibara (Nord-Katanga) weisen den Erfahrenen auf Grundwasser und Quellen hin. Die Naraštaude (Acanthosicyos horrida) gilt als typische Grundwasserpflanze, die sich zuweilen sogar nur mit Grundfeuchtigkeit begnügt. Im Namaland, Südwestafrika, ist Grundwasser erkennbar an einigen charakteristischen Baumarten, namentlich Weißdorn (acacia horrida) und Ebenholz (euclea Pseudebenus). In Deutsch-Ostafrika zeigt der Mkujubaum (Ficus capensis) in 1,5—2 m Tiefe Grundwasser an. Die Schirmakazie dient zugleich als Maß zur Ermittlung der Tiefe des Grundwassers. Die Tiefe ist nämlich meist gleich dem dreifachen Betrag der Kronenhöhe.

Schermuly gab schon vor dem Kriege einen von ihm erfundenen Polarisator zur Auffindung von Wasser an. Er fand 1913 mit dieser Konstruktion an der ostafrikanischen Mittellandbahn Daressalam—Tabora—Kigoma in 100 m Tiefe Wasser, das dann auch erbohrt wurde. In neuerer Zeit soll er in Brasilien sichere Erfolge mit diesem Apparat aufzuweisen haben.

Löwy, Wien und Leimbach, Göttingen (vgl. unter Löwy) haben ein Verfahren ausgearbeitet, das auf der Beobachtung beruht, daß die elektrischen Wellen wie Lichtstrahlen von den verschiedenen Erdschichten verschieden zurückgeworfen werden. Dieses Patent ist soweit ausgearbeitet worden, daß beim Ueberfliegen von Wüsten, allerdings bisher nur im Luftschiff, der Verlauf von Grundwasserströmen festgestellt werden konnte. Die Methode ist so einfach, daß Löwy dazu schreibt:

Falls ein Farmer in einem ariden Lande wissen will, ob eine Bohrung auf Wasser an dieser oder jener Stelle seines Grundstücks Erfolg haben wird, so rate ich ihm, folgenden Versuch zu machen: Er spanne einen Draht auf dem Boden aus, errege darin elektrische Wellen und messe die Kapazität oder Schwingungsdauer. Erhält er einen übernormal großen Wert, so kann er die Bohrung wagen. Das einzige, was ihm passieren kann, ist, daß er anstatt Wasser ein Erzlager findet.

Auf der Autoausstellung 1938 in Berlin wurde eine deutsche Konstruktion zur „motorisierten Bodenforschung" gezeigt (vgl. Fabrikprospekt der Magiruswerke), die ich zur Auffindung von Wasser für einen bedeutenden Fortschritt halte. Die Bestückung eines Speziallastwagens enthält sämtliche Maschinen, Einrichtungen und Werkzeuge, die erforderlich sind, um ungeachtet etwaiger Gesteinshärte schnell und sicher bis zu einer Tiefe von 50 m in den Erdboden einzudringen. Die Untersuchun-

gen sind von fremder Energiezufuhr unabhängig, indem der Dieselmotor des Lastwagens am Standort einen im Wagenboden gelagerten Generator antreibt, der elektrischen Strom für Förderhaspel, Pumpe, Licht usw. liefert, während die Preßluftwerkzeuge von einem als Anhänger gebauten Kompressor gespeist werden.

Die Unabhängigkeit von der Aufstellung ortsfester Maschinen gewährleistet schnellen Beginn der Arbeiten und die Konstruktion des Fahrzeugs einen schnellen Wechsel des Arbeitsortes. Die Kosten, die sonst durch den Transport und die Aufstellung der Bohrmaschinen erforderlich waren, sind durch dieses Verfahren erheblich herabgesetzt. Die Einrichtung erlaubt gleichzeitig eine genaue Orientierung über die jeweiligen geologischen und mineralogischen Verhältnisse und wurde daher in den Dienst des Vierjahresplans zur beschleunigten Erschließung nutzbarer deutscher Bodenschätze gestellt und hat sich vorzüglich bewährt.

Ist es nun gelungen, Grundwasser in erreichbarer Tiefe und lohnender Menge zu finden, so muß das Wasser durch Anlage eines Brunnens zu Tage gefördert werden. Die Hebung des Obergrundwassers kann durch einfache Schöpflöcher oder durch Anlage eines Flachbrunnens vorgenommen werden. Vor noch nicht langer Zeit waren die sogen. Schachtbrunnen die am weitesten verbreitete Bauart. Das aus solchen Flachbrunnen geförderte Obergrundwasser ist heute als schlechteste Bezugsquelle bekannt. Besonders in stark bewohnten Gegenden oder gar Ortschaften müssen diese Art Brunnen verworfen werden.

Bei der Anlage eines Schachtbrunnens wird zuerst der Boden bis zur wasserführenden Gesteinschicht ausgehoben, wobei sogen. Arbeitsstufen gelassen werden. Danach wird in diese Schicht eine zylindrische Vertiefung eingelassen, in der sich das Wasser sammelt. Die Stufen werden ausgeworfen, und schließlich erfolgt die Auskleidung mit Steinen unter Verwendung von Kalk- oder Lehmmörtel. Die Hebung des Wassers geschieht mit Schöpfeimern oder besser mit einer seitlich des Schachtes angelegten Pumpe, die durch ein Rohr mit dem Grundwasser in Verbindung steht. Die Art der Wasserentnahme bei diesem Schachtbrunnen darf die Güte des Wassers natürlich nicht gefährden. Zusammengenähte Ziegenfelle wie auch metallene Schöpfeimer sind stets zu beanstanden, besonders wenn sie von jedem Benutzer eigens mitgebracht werden. Eine Umzäunung der ganzen Brunnenanlage ist eine weitere empfehlenswerte Sicherheitsmaßnahme. Der Vorteil eines Schachtbrunnens liegt in der Einfachheit seiner Bedienung. Für Bewässerungszwecke in kleinem Umfange wird er deshalb nie ganz verdrängt werden.

Das Obergrundwasser ist in den Tropen, wie oben erwähnt, fast durchweg gesundheitlich nicht einwandfrei.

Besser als Flachbrunnen sind daher die Tiefbrunnen. Diese beziehen ihr Wasser aus dem Tiefengrundwasser, welches im allgemeinen durch mehr oder minder durchlässige Bodenlagen vom Obergrundwasser getrennt ist. Als brauchbarste und einfachste Bauart hat sich der Rammbrunnen, auch Norton- und nach der englischen Expedition von 1867 auch Abessinierbrunnen genannt, er-

wiesen. Die Schachtbrunnen haben gegenüber diesen Röhrenbrunnen erhebliche Nachteile:

1. das Wasser verschmutzt leichter
2. er versiegt bei abnehmendem Grundwasserstand
3. er bildet, ohne Bedeckung, Brutnester für Anopheles
4. es tritt leichter eine Verunreinigung des Brunnens bzw. seiner Umgebung ein.

Deshalb hat man auch heute die offenen wie die geschlossenen Schachtbrunnen für den Trinkwasserbedarf fast vollkommen ausgeschlossen.

Der einfache Rammbrunnen kann ohne Schwierigkeiten bis zu einer Tiefe von 20 m in den Erdboden gebohrt werden.

Der übliche Durchmesser des eisernen Rohres beträgt 1,5 Zoll und ist in Längen von 1,5 m verlegbar. Das unterste Stück ist mit Löchern von ¼ Zoll versehen und läuft unten in einen 30 cm langen stumpfen Keil aus. Der Bau vollzieht sich so, daß, je nach der Tiefe der wasserführenden Schicht, ein Rohr nach dem anderen mit einer Handramme eingeschlagen und mit Gewinde verschraubt wird. Bei Sinken des Grundwasserspiegels kann das Rohr nach Bedarf verlängert werden. Die Entnahme erfolgt durch eine kleine Handpumpe.

Diese Tiefbrunnen, die also durch Bohrung das Wasser fördern, stellen bei weitem die einwandfreieste Wassergewinnungsart dar und finden in den Tropen immer mehr Verbreitung. Dazu kommt der Vorteil, daß bei größeren Tiefen sich die Anlage eines Rohrbrunnens wesentlich billiger stellt, als die eines Schachtbrunnens. In Verbindung mit einer neuzeitlichen Wasserhebevorrichtung, wie Windmotoren, sind auch seine Unterhaltungskosten sehr gering.

In Deutsch-Südwest hat die Mandatsregierung die Wichtigkeit der Wassererschließung durch Brunnen richtig eingeschätzt und hat 1924 allein 190 Bohrlöcher mit Regierungsbohrmaschinen durchführen lassen und weitere 42 in Arbeit genommen. Außerdem wurden 56 Privatbohrungen gespannter Wässer im selben Jahr am Nosob vorgenommen. Mit Mitteln der Mandatsregierung wurden die artesischen Brunnen am Auob in Stand gesetzt. Besonders wurden sämtliche alten Bohrlöcher bis zur wasserdichten blauen Schieferschle mit neuen Eisenröhren verrohrt und mit Verschlußköpfen versehen. Früher liefen nämlich die Bohrlöcher Tag und Nacht und versumpften das ganze Auobgebiet, während sie jetzt, wenn nicht berieselt werden soll, verschlossen werden können, wodurch neben der Insektenbrutgefahr vor allem die des Verbrackens aufgehoben worden ist.

Die Bohrlöcher aller Tiefbrunnen müssen mindestens alljährlich durch einen Brunnenfachmann gereinigt werden. Zusammenfassend kann man sagen, daß Grundwasser aus Bohrbrunnen für eine tropische Trinkwasserversorgung bei weitem die beste Gewinnungsart darstellt.

Eine unbedingte Voraussetzung aller Brunnenanlagen in den Tropen ist die Orientierung über die Nähe von Senkgruben, Viehställen, Dungfeldern, Kloaken und Müllhaufen, kurz allen den Ablageplätzen menschlicher und tierischer Fäkalien, die in mehr oder minder ausgedehntem Maße die Uebertragungsmittel der gefürchteten Darmparasiten sind. Bei den Eingeborenen kann man hier kein Verständnis erwarten. So wurde nicht selten beobachtet, daß die Schwarzen bedenkenlos einen Brunnen, der durch allmähliches Versiegen zur Wassergewinnung nicht mehr geeignet erschien, als Kloake benutzten. Die bakteriologische Untersuchung von drei in der Nähe eines solchen als Abort benutzten Brunnens in Deutsch-Ost gelegenen Brunnen ergab, daß alle drei in relativ kurzer Zeit einen derartig hohen Gehalt an bact. coli aufwiesen, daß sie sämtlich zugeschüttet werden mußten. Der schwankende Grundwasserspiegel dieser Brunnen stand miteinander in Verbindung und ermöglichte so die Ausbreitung der Keime.

Während größerer Seuchenepidemien mußte man zur Annahme einer Wanderung von Keimen durch den Boden kommen. Wichtige Aufschlüsse und zahlenmäßige Werte über die Art einer solchen Wanderung haben die Untersuchungen von Stiles und Crohurst gegeben. Sie fanden, daß der Transport der Bakterien durch den Boden abhängt von der Fließrichtung des Grundwassers und der morphologischen Beschaffenheit des Bodens. Durch künstliche Verunreinigung mit bact. coli und Uranin als Farbstoff kamen sie über die Bewegung des Grundwassers und der in ihm enthaltenen Keime zu folgendem Ergebnis: Die Verunreinigung durch Darmbakterien konnte mit Sicherheit und fortschreitend auf einer Entfernung bis zu 20 m von der Eintrittsstelle nachgewiesen werden. Uranin wurde bis 35 m festgestellt. Diese Entfernung wurde in 187 Tagen durchwandert und zwar in der Fließrichtung des Grundwassers. Die eingebrachte Verunreinigung bewegte sich nur in einer flachen Schicht der Oberfläche des Grundwassers und machte die Bewegungen desselben mit, wenn diese z. B. über einen unterirdischen Grundwasserdamm wanderte. Eine wichtige Beobachtung war ferner, daß bei Fallen des Grundwasserspiegels die Verunreinigungen in der Feuchtigkeitszone halt machen, um beim Steigen des Spiegels infolge Regenfall wieder in der Fließrichtung weiter getragen zu werden.

Die Ansichten über bact. coli als Anzeiger für den Verunreinigungsgrad eines Wassers gehen zwar bei den einzelnen Autoren auseinander, aber zweifellos muß man auch in diesem Punkt in den Tropen einen anderen Maßstab anlegen als im gemäßigten Klima. Es ist auch notwendig, zwischen den einzelnen Coli-Arten genau zu unterscheiden, und zwar sind die ausschlaggebend, die gegen Sonnenlicht am empfindlichsten sind. Während bact cloacae, bakt. grünthal unter günstigen Verhältnissen 3—4 Jahre im Boden und mehrere Monate in besonntem Wasser lebend bleiben, ist bakt. coli communis längstens 97 Tage im Boden und 6 Tage in besonntem Wasser virulent geblieben.

Zusammenfassend kann man sagen, daß der schwankende Wasserspiegel des Obergrundwassers von größter Tragweite für die Wasserversorgung für Städte oder auch vorübergehende Truppenlagerplätze ist. Ehemalige Brunnenschächte dürfen keinesfalls als Müll- oder Abortgruben benutzt werden. Wenn durch häufiges Versetzen der Latrinen der Boden verunreinigt ist, darf in weitem Umkreis kein Grundwasser bezogen werden. Es genügt nicht, die Oberfläche einer Schutzzone von Verunreinigungen freizuhalten, sondern es ist auch besonders als Folgerung aus den Beobachtungen von Stiles und Crohurst. dem Strandungsbereich der Verunreinigungen zwischen Höchstwasserstand und 30 cm unter Niedrigstwasserstand des Grundwasserspiegels Aufmerksamkeit zu schenken. Die Abdichtung der Brunnen in dieser Zone ist wichtig und während des Betriebes ist auf Undichtigkeiten gerade in dieser Höhe fortdauernd zu achten.

Gewisse morphologische Besonderheiten sind auch hier zu bedenken. So ist der sehr feinkörnige, rote Lehm der Tropenböden, der Laterit, als ausgezeichneter und gründlicher Grundwasserfilter bekannt. Rodenwaldt konnte beobachten, daß selbst wenige Meter vom Ufer eines schwer verunreinigten Flusses, der durch aus Laterit bestehendem Boden floß, ein dort niedergebrachter Brunnen beinahe völlig keimfreies Wasser lieferte. Als ganz allgemeine Regel für den Abstand eines zu bohrenden Brunnens von einer möglichen Verunreinigungsquelle werden rund 50 m angegeben.

II. Niederschlagswässer.

Zur Trinkwassergewinnung ist auch heute noch das Auffangen von Regenwasser, besonders in Gegenden mit dicht aufeinander folgenden Regen- und Trockenzeiten im Brauch. Regenwasser an sich ist als chemisch und bakteriologisch rein zu betrachten. Bei eben einsetzendem Niederschlag enthalten die ersten Mengen noch aus der Atmosphäre niedergeschlagenen Staub. Zum Sammeln und Aufbewahren des Was-

sers bedient man sich eiserner, luftzugängiger Behälter, die mittels Drahtgase abgeschlossen sind. Es ist zweckmäßig, die ersten Regenmengen durch eine selbsttätige Kippvorrichtung abfließen zu lassen, da sonst Staub, faulendes Laub, Dejektionen von Vögeln, Ratten und anderem Getier in die Behälter hineingespült werden können. Trotz dieser Maßnahmen müssen diese Auffangdächer immer ein Notbehelf bleiben, weil diese Einrichtungen niemals im hygienischen Sinne sauber gehalten werden können. Dazu kommt, daß die Tankwasser immer fade schmecken. Die starke Sonneneinstrahlung sorgt zwar bei der Hinfälligkeit vieler Keime neben einer gewissen Selbstreinigung des Wassers durch biologische Prozesse für eine geringe Säuberung, doch sollte man solches Wasser nur im abgekochten Zustand zum Genuß verwenden.

III. Oberflächenwasser.

Von weit größerer Bedeutung sind die unter dem Namen der Oberflächenwässer zusammengefaßten Wasservorräte. Je nach dem Vorkommen können wir unterscheiden

a) Meerwasser
b) Fluß- und Seewasser.

Das Meerwasser kommt als Wasserspender trockener Küstenstriche, wenn auch nur in sehr beschränktem Maße in Betracht. Es gibt außer der kostspieligen Destillation bis heute kein Verfahren, den Gehalt des Meerwassers an Kochsalz auf chemischem Wege auszuscheiden. Vielfach hat man in den Tropen unter Ausnutzung der Sonnenwärme das Salzwasser zu destillieren versucht. Sammelbehälter, die mit schrägen, luftdichten Glasdächern bedeckt sind, werden mit Meerwasser gefüllt. An der Innenseite der Glasdächer befinden sich Rinnen, die in ein Sammelrohr münden. Das Wasser soll möglichst rein sein, weil sonst der Apparat verschlammt. Die Ausbeute an salzfreiem Destillat ist nicht unbedeutend. Der natürliche Destillationsvorgang hält dabei noch einige Zeit nach Sonnenuntergang an. In Küstenstädten kann das unveränderte Meerwasser allenfalls zu Zwecken der Straßenreinigung und zur Spülung der Kanalisation dienen. Wegen seines hohen Salzgehaltes ist es aber für eine landwirtschaftliche Bewässerung in größerem Umfange ebenfalls ungeeignet. Neuere Pläne sind bereits erwogen worden, das Meerwasser durch Fernleitungen in Trokkentäler zu leiten, wo es versickert, zu Grundwasser wird und eventuell als verwendungsfähiges Süßwasser durch

Brunnen zu Tage gefördert werden kann. In Verbindung mit Gezeitenkraftwerken kann diese Art der Wassererschließung in absehbarer Zeit Gestalt gewinnen. Prof. Etchegoyen hat einen solchen Plan für Nordafrika entworfen, wo ¼ der französischen Nordsahara unter dem Meeresspiegel liegt. Ein nur 50 km langer Kanal wäre erforderlich, um das Tiefland bei Gabes in Tunis so mit dem Meer zu verbinden.

b) Fluß- und Seewasser:

Den durch die Niederschläge gebildeten oberflächlichen Wasseransammlungen in Form von natürlichen oder künstlichen Seen kommt besonders für größere Gemeinwesen eine wachsende Bedeutung zu. Namentlich das 900 m hohe Hochland im Inneren von Südafrika, das durch einen Gebirgswall von 1800 m Höhe gegen die Küste abgesetzt ist und daher keine Regenfeuchtigkeit vom Meer her bekommt, ist lediglich auf den Niederschlag angewiesen, der im Inlande selbst von Seen, Flüssen und Vegetation erzeugt wird. Das Hochlandwasser ist in dünn bewohnten Gegenden verhältnismäßig rein. Die Erfahrung lehrt, daß das Wasser aus großen Seen im allgemeinen besser ist als aus kleinen, sofern der Schiffsverkehr nicht rege ist. Durch den ausgeprägten Gegensatz zwischen Regen- und Trockenperiode erleiden die Binnenseen weit größere Spiegelschwankungen innerhalb des Jahres als in gemäßigten Breiten. Für eine groß angelegte Wasserversorgung sind diese Schwankungen genau zu berücksichtigen. Die Hydrologie unterscheidet deshalb folgende oberflächlichen Wasseransammlungen: (vgl. Keller)

1. Regenseen: Diese werden durch Regengüsse gefüllt und können zur Regulierung des Wasservorrats und zur Bewässerung als Vorratsbecken verwendet werden. (Tsanasee für den blauen Nil).

2. Regenpfannen: Dies sind rundliche Senken, die zeitweilig mit Regenwasser gefüllt sind. Sie enthalten Süßwasser und ihre Umgebung ist guter Ackerboden.

3. Verdunstungspfannen: Diese stehen mit dem Grundwasserbecken in Verbindung. Sie enthalten Salzwasser und ihre Umgebung ist gutes Weideland. (nach Keller)

4. Bankwasserstellen: Ausfüllungen kleiner Senken von genügender Tiefe in undurchlässigem Gestein. Sie füllen sich schon bei starkem Tau und werden bisweilen von Sand zugedeckt. Das Wasser hält sich zwar lange noch in geringen Mengen in der Trockenzeit, ist aber von wirtschaftlich untergeordneter Bedeutung. Sie kommen hauptsächlich in Gebirgsländern vor oder am Fuß von periodischen Wasserfällen.

5. Quellseen: Grundwasseraufstoß aus natürlichen artesischen Quellen oder aus ehemaligen Brunnen entstandene Wasserbehälter mitunter von großer Ausdehnung.

Die zweite Art der Oberflächenwässer

bilden die Flüsse, die aber zur Wassergewinnung gegenüber den Seen im Durchschnitt ungeeigneter sind, weil

1. Flußwasser größerer Verunreinigung ausgesetzt ist
2. kleinere Seen leichter zu überwachen und zu schützen sind
3. die Reinigung der Seen durch Absitzen größer ist
4. die größere Oberfläche die Oxydation begünstigt und die stärkere Belichtung die Bakterienzahl vermindert, allerdings mitunter lästiges Algenwachstum vermehrt.

In Mittelamerika und in Indien ist in neuerer Zeit das Wasser der Flüsse mit Vorliebe für Wasserversorgungszwecke herangezogen worden. Eine größere Bedeutung jedoch möchte ich den Flüssen für die Feldbewässerung zumessen. Im tropischen Afrika zeichnen sich Nordrhodesia und die Landschaft Upogoro im Bezirk Mahenge (Ostafrika) durch zahlreiche, das ganze Jahr über wasserführende Flüsse und Ströme aus. Nach dem Bericht Maywalds ist sogar das Gebiet zwischen Dschuastufe und Sjange (Kamerun) hierher zu zählen.

Die von Natur bewirkten Flußumlenkungen geben einen Hinweis, wie in Trockenländern Bewässerungsprojekte im Großen durchzuführen sind. So fließen die Flüsse von Sierra Leone erst gegen Westen und biegen dann plötzlich nach Süden um. Die Ursache liegt in den Inklination des Landes gegen Osten. Es ist verständlich, daß durch einen solchen Richtungswechsel ein Flußlauf die orographische Beschaffenheit wie auch die Vegetation eines Landes erheblich ändert. Den größten Plan in diesem Sinne faßte der Südafrikanische Geologe Schwarz, der der Sandwüste der Kalahari durch Umlenkung des Kunenefluss Wasser zuführen wollte. Bereits 1914 war deutscherseits angeregt worden, den Kunene nach Süden abzulenken und einen Teil des Zambesi dem Okawango zuzuleiten. Die riesigen Ausmaße dieses Projektes wären für Afrika ein gewaltiger Schritt in seiner Kolonisation gewesen. Solche Fragen der tropischen Wasserwirtschaft können nicht großzügig genug angefaßt werden, wenn sie wirksam gelöst werden sollen. Der Weltkrieg machte alle diese Pläne zunichte.

Es ist also die Aufgabe der modernen Wasserversorgung, dem Binnenlande das Oberflächenwasser in möglichst großem Umfange und auf möglichst lange Dauer zu erhalten mit dem besonderen Ziel einer konstanten Feldbewässerung. Die primitiven Methoden beschränkten sich darauf, das fließende Wasser abzulenken und auf das trockene

Land zu verteilen. Schöpfwasser aus Flüssen oder Seen, dann später Bewässerungsgräben dienten dazu, Trockenländer mit dem notwendigen Wasser zum Zwecke einer einigermaßen vom Wetter unabhängigen Feldwirtschaft zu versorgen. In neuerer Zeit ist man in zunehmendem Maße an die Errichtung großer Staudämme und Talsperren gegangen, um so die Kontinuität einer Wasserlieferung zu erreichen. Die Staubecken, die man je nach ihren Ausmaßen in kleine und große Talsperren unterteilt, werden sowohl für die Landwirtschaft, als auch für die Bedürfnisse der Trinkwasserversorgung angelegt.

Seit der Jahrhundertwende trat Rehbock mit seinen umfangreichen Talsperrenplänen für Deutsch-Südwest immer wieder von neuem an die deutschen Regierungen heran und kurz vor Kriegsbeginn waren dann auch diese Projekte soweit gediehen, daß man sich zum Bau entschloß. Die aufgestauten Niederschläge der Regenzeiten sollten danach während der Trockenperioden dem Ackerboden Wasser zuführen. Der Krieg verhinderte auch hier diese Vorhaben.

Bei einer ständigen Entnahme von Flußwasser muß man sich in den Tropen genauestens vergewissern, wo das Gewässer herkommt und ob am Oberlauf desselben etwa Eingeborenensiedlungen liegen. Der Schwarze pflegt einen Flußlauf als willkommene Ablagestätte für allen möglichen Unrat anzusehen und es ist eine vielgeübte Unsitte, seine Notdurft beim Baden zu erledigen. Bis an die Hüften im Wasser sitzend defäkieren oft Männer und Frauen in unmittelbarer Nähe und sehen nichts Bedenkliches darin, wenn dicht daneben gewaschen, gebadet, ja selbst der Mund gespült wird. (Rodenwaldt)

Das vielfach hoch entwickelte Schamgefühl der Eingeborenen läßt so oftmals die primitivsten Forderungen der Hygiene außer Acht. Es wird daher auch heute noch nicht selten beobachtet, daß sich gerade entlang von Flüssen gefahrvolle Seuchen in den Tropen ausbreiten. Durch die Zysten von Dysenterieamöben eines Dorfes am Oberlauf eines Stromes kann so ein Dorf nach dem anderen stromab infiziert werden.

Das Wasser, das diese angeführten Oberflächenwässer liefern, ist natürlich in den seltensten Fällen so einwandfrei, als daß man es ohne Bedenken als Trinkwasser verwenden könnte. Soweit es sich um eine nach genauer Projektierung angelegte Wasserversorgung handelt, wird man sich zur endgültigen Beurteilung der Verwendungsfähigkeit der Untersuchungsmethoden bedienen, die oben im Auszug dargestellt sind. Oft jedoch sieht sich der Siedler oder der Forschungsreisende oder eine Truppe in die Lage versetzt, das vorhandene Wasser wohl oder übel zum Genuß zu verwen-

den, ohne vorher lange Beobachtungen über Herkunft desselben oder Art des Bodens usw. anstellen zu können. Nicht einmal die notwendigen Reagentien sind oft zur Hand, um die einfachsten chemischen und bakteriologischen Untersuchungen vorzunehmen. Die Technik hat hier in enger Zusammenarbeit mit der Hygiene einen Weg gefunden, um sich mit Hilfe zuverlässiger Filter gutes, genießbares Trinkwasser verschaffen zu können.

Die Industrie liefert zu diesem Zwecke einfache, handliche Filterapparate, die leicht zu transportieren und überall verwendbar sind. Für Expeditionen, für Truppen auf dem Marsch sind diese heute zu einem unentbehrlichen Gerät geworden. Sie ermöglichen es dem Reisenden wie dem tropischen Pflanzer ohne Mühe einwandfreies Wasser in kürzester Frist aus Quellen, Flüssen und Tümpeln, wie sie eben unterwegs angetroffen werden, zu beschaffen.

Am gebräuchlichsten hat sich der sogen. Berkefeld-filter erwiesen. Dieses Gerät wird heute in zwei Größen geliefert und zwar mit Leistungen von ½ und 2 Liter in der Minute. Der Apparat besteht aus einem außen vernickelten, innen verzinnten Messingzylinder, der den aktiven Filtermechanismus aufnimmt. Dieser besteht aus Kieselgur, also einer gebrannten Diatomeenerde. Die Wirkung ist eine rein mechanische.

Der dargestellte Filter AFI hat ohne die abschraubbare Fußraste eine Länge von 30 cm, der größere AFII eine von 42 cm. Das Gewicht beträgt mit Fußraste und Saugschlauch bei AFI 2,2 kg und bei dem größeren 3,4 kg.

Frobenius hat bei seinen letzten Expeditionen in Abessinien, Transjordan und in der lybischen Wüste die besten Erfahrungen mit dem Berkefeldfilter gemacht.

Ein weiteres brauchbares Kleinfilter hat Wolff konstruiert. Das Absorbtionsvermögen dieses Gerätes beruht auf einer besonders salzsäurehaltigen Tierkohle, die Norit und Supranorit genannt ist. Auch dieses Filter ist durch einige einfache Handgriffe zu bedienen und liefert auch bei Trockentemperatur bis 35° C zwei Wochen lang 1,5 l/h vollkommen keimfreies Wasser.

Ein sich mehr und mehr bewährendes Filter liefern die Seitz-Werke, Kreuznach. Die Filtermasse selbst besteht hier aus Asbest. (vgl. Fabrikprospekt)

Besonders für den Feldgebrauch ist das Darnall-Syphonfilter (Wellcome Trop. research.

Lab. Khartoum) geeignet. Es besteht aus einem zylinderförmigen Drahtkäfig, um den mehrere Lagen Flanell angeordnet sind. Kräftige Metallplatten schließen die Enden des Zylinders ab. In die eine mündet ein Syphonrohr ein. Der Filterprozeß ist verbunden mit einer Ausfällung mit Kalialaun oder Aluminiumhydroxyd und Natriumcarbonat.

Diese Kleinfilter stellen aber doch nur einen Notbehelf dar, um für eine begrenzte Zeit für Expeditionen oder einzelne Haushaltungen trinkbares Wasser zu liefern. Auch bedürfen sie einer steten, in bestimmten Abständen vorzunehmenden, gewissenhaften Reinigung, die keinesfalls den Eingeborenen zu überlassen ist. Technisch ist an allen Kleinfiltern zu beanstanden, daß in verständlich großer Rücksicht auf die Handlichkeit, das Rohwasser und das Filtrat räumlich zu dicht beieinander sind. Trotzdem ist heute für den Forschungsreisenden der Kleinfilter unentbehrlich, da er doch gegenüber den unhandlichen Sterilisierapparaten große Vorteile bietet.

Da die Keimfreiheit in den Tropen nur sehr kurze Zeit anhält, ist den Aufbewahrungsgefäßen für Wasser größte Beachtung zu schenken. Sie müssen ihren Inhalt kühl und keimfrei erhalten. Unter dem Namen Salusflaschen sind zu diesem Zwecke Filterkrüge im Handel, die von Höttinger erfunden sind und die das Trinkwasser nach einem Prinzip keimfrei halten, das die oligodynamische Wirkung metallischen Silbers nutzbar macht. Da die keimtötende Eigenschaft des Silbers eine Funktion der spezifischen Oberfläche ist, werden diese Salusflaschen innen mit einer schwammigen Silberschicht überzogen.

Neben diesen Kleingefäßen werden auch Großfiltersterilisatoren hergestellt, die nach dem Trichterverfahren filtrieren und durch eine versilberte Jutewatteschicht sterilisieren. Krause, München, hat dieses Prinzip weiter vervollkommnet. Diese Katadyn-Sterilisatoren sind für klares Wasser unmittelbar zu verwenden. Der Sterilisationseffekt ist abhängig von Temperatur und Klima.

Trotz dieser bewährten Filterverfahren bleibt dennoch in Zweifelsfällen das Abkochen der sicherste Weg, um in kleinen Mengen keimfreies Wasser zu gewinnen.

Seit 1910 wurde im deutschen Heer ein Wasserkochapparat ausprobiert. Dieser fahrbare Hartmannsche Trinkwasserbereiter, der dauernd vervollkommnet wurde, lieferte bis zu einer Leistung von 2000 l/h. Durch eine nachträgliche

Belüftung oder durch Zugabe von Tee kann der fade Geschmack gekochten Wassers beseitigt werden. Zum Abtöten der Dysenterie- und Choleraerreger ist eine Temperatur von 80 °C erforderlich. Trotzdem kocht man bis zum Sieden, schon um sich vom Thermometer unabhängig zu machen.

Weitere Reinigungsverfahren:

a) Filter.

Die Wasserreinigungsverfahren zur Versorgung größerer Gemeinwesen oder Städte weichen in ihren Grundprinzipien nicht wesentlich von den Verfahren ab, die auch in den gemäßigten Breiten Anwendung finden. Nur hat man ganz allgemein eine weitaus größere Sorgfalt bei den ständig vorzunehmenden, genauen Untersuchungen walten zu lassen, und schon bei einem geringen Ansteigen der Keimzahlen müssen sofortige Abhilfemaßnahmen getroffen werden. Schon aus der Untersuchung eines Wassers kann auf seine Reinigung geschlossen werden.

Die Beschaffenheit des Wassers, die verschiedenen örtlichen Verhältnisse, wie auch nicht zuletzt das zur Verfügung stehende Geld für den Bau einer Anlage sind bestimmend für die Art der Reinigung. Eine physikalische, eine chemische und am Ende eine biologische Reinigung müssen auseinander gehalten werden, die nach den gegebenen Voraussetzungen mehr oder minder intensiv und kombiniert anzuwenden ist. Allgemeingültige Regeln gibt es hier nicht. Bestimmte Verfahren, die sich hier ausgezeichnet bewähren, sind an anderer Stelle vollkommen unzureichend.

Für eine größere Wasserversorgung in den Tropen ist besonders darauf zu achten, daß kein Abschnitt im Reinigungsprozeß nur einfach vorhanden ist. Im Falle eines Versagens der Anlage oder einer oft plötzlich auftretenden ungenügenden Güte des gelieferten Wassers müssen sofort Reserveanlagen betriebsfertig vorhanden sein. Neben zahlreichen anderen Vorkehrungen, die aber in das Gebiet des rein Technischen fallen und deshalb zu den Aufgaben des Ingenieurs gehören, sei nur noch erwähnt, daß Fluß- und Seewasserentnahmestellen als Schiffshalteplätze zu verbieten sind, um eine zusätzliche Verunreinigung des Rohwassers zu verhüten.

In dem nachfolgend beschriebenen Reinigungsprozeß sollen nur die wichtigen Neuerungen erwähnt sein, die speziell für tropische Verhältnisse von bakteriologischem und allgemeinhygienischem Interesse sind.

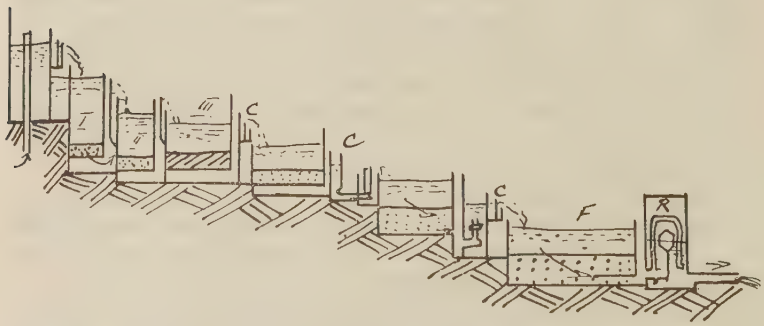
Sehr alt und von den Eingeborenen oft gebraucht ist die natürliche Sandfiltration. Ein im Prinzip gleiches Verfahren, das sich

also aus einer mechanischen und einer biologischen Reinigung zusammengesetzt, stellen die besonders bei den Engländern eingeführten Langsamfilter dar.

Die Filtration durch Sandfilter ist ein vorwiegend biologischer Prozeß, denn sie liefert ein ungenügendes Filtrat, wenn die Filterhaut, in der sich die biologischen Vorgänge abspielen und die bisweilen nur wenige Millimeter dick ist, zu gering oder garnicht entwickelt ist. Die Filterfauna besteht aus Mikroorganismen, Bakterien und Protozoen.

Daneben baut die Industrie sogen. Schnellfilter. Hiervon hat sich der amerikanische Jewell-Filter besonders zur Filtrierung trüben Rohwassers bewährt.

Gartzweiler hat dieses Patent weiter verbessert. Bei vorausgehender Kalkmilchbehandlung war hier das Filtrat des Rohwassers, das Typhus- und Cholerabazillen enthielt, in 20 Minuten frei von pathogenen Keimen. Keller kommt zu der Auffassung, daß, ohne eine feste Regel aufzustellen, für tropische Verhältnisse eine Schnellfiltration mit nachfolgender Langsamfiltration das Gegebene ist. Auf diese Weise wird die beste biologische Wirkung erzielt. Enthält das Rohwasser sehr viele Schwebstoffe, eine stark entwickelte Flora oder eine intensive Färbung, so ist neben der geschilderten Doppelfiltration von Vorteil eine Koagulierung voraus zu schicken. Durch treppenartige Anordnung der Grob- und Schnellfilter und dazwischen geschaltete Wasserstürze, die der Belüftung und Belichtung dienen, stellt das Stufenfilter nach Chabal eine Kombinationslösung dar, die in Aegypten, Suez und an der Goldküste Anwendung gefunden und sich gut bewährt hat.



Schema eines Stufenfilters

C Belüftungsüberfälle, F Feinfilter, R Auslaufregler, I—III Grobfilter

b) Ultraviolett-Bestrahlung:

Versuche in Amerika haben ergeben, daß die Bestrahlung mit ultraviolettem Licht in hohem Maße keimtötend wirkt. Amöben und Balantidium coli wurden in den vegetativen und zystischen Formen durch Ultraviolett nach kurzer Bestrahlungsdauer abgetötet. Die hohen Kosten machen jedoch nicht allein für die Tropen dieses Verfahren unrentabel.

c) Sonnenbestrahlung:

Der intensiven Sonnenbestrahlung kommt besonders in den Tropen eine weitgehende bakterizide Wirkung zu, während in den gemäßigten Zonen die Sonnenstrahlung bei den verhältnismäßig stark verunreinigten Strömen für einen Selbstreinigungsprozeß kaum in Frage kommt. Die Ströme der feuchten Tropen fließen wesentlich langsamer dahin. Hochwasser überfluten zwar oft weite Landstriche, wodurch die Verunreinigung stark zunimmt, aber sie ist dann selbst bei einer großen Stadt wie Benares schon wenige Kilometer flußab schwer nachzuweisen. In dem oben erwähnten Chabal-Verfahren hat dieses Belichtungsmoment auch Anwendung gefunden. Genaue Untersuchungen von Clemesha zeigen, daß der Keimgehalt an der Oberfläche am geringsten ist und mit größerer Tiefe zunimmt. Für die Praxis folgt daraus, daß der Auslauf von Vorratsbecken, Seen oder Talsperren nahe der Oberfläche liegen muß und in vertikaler Richtung beweglich sein soll, um sich den verschiedenen Wasserständen anzupassen.

Vielfach hat man sich auch zum Zwecke der Selbstreinigung eines Wassers larvenfressender Fische bedient, da diese die schleimigen Verunreinigungen wegfressen. Der Nutzen eines solchen Mittels wird aber verschieden beurteilt.

Zusammenfassend kann man folgende Faktoren bei der Selbstreinigung unterscheiden:

1. Sonnenbestrahlung und Belichtung
2. Belüftung und dadurch bedingte O_2 Zufuhr
3. Bewegung, bedingt durch Geschwindigkeit und Gefälle, sichtbar als Turbulenz
4. Absitzen der Schwebe- und Sinkstoffe

5. Biologische Tätigkeit durch Mikroorganismen.

Chemische Reinigung.

Als Fällmittel bedient man sich nach wie vor der schwefelsauren Tonerde, des Alaun, sowie des Kaliumpermanganat. Die Wirkung dieser Stoffe beruht darauf, daß die Tonerde z. B. Tonerdehydroxyd ausflockt und beim Absitzen kleine Schmutzteilchen, Algen oder Bakterien umhüllt und mit herabzieht. Durch Anwendung der schwefelsauren Tonerde wird gelb- oder braunfarbiges Wasser kristallklar. Das Verfahren dient durchweg der Vorklärung und wird vor mechanischen Reinigungsverfahren insbesondere beim Schnellfilter vorgeschaltet.

Kalk in Form des Kalziumoxyd ist ein, wenn auch in den Tropen verhältnismäßig wenig angewendetes Wasserentkeimungsmittel. Die größte Verbreitung hat in den letzten Jahren das Chlor gefunden. Seine Billigkeit und seine zuverlässige keimtötende Wirkung, die darauf beruht, daß sich bei der Berührung mit Wasser aktiver Sauerstoff bildet, der tote wie lebende Substanz oxydiert, machen seinen großen Vorteil aus. Chlor kann direkt zerstäubt als Gas oder in flüssigem und festem Zustand innerhalb einer Verbindung dem Wasser zugesetzt werden. Chlorgas ist wegen des großen Gewichtes der Bomben und wegen des langen Transportes in den Tropen nicht gebräuchlich. In fester Form kommt als Chlorungsmittel gewöhnlich Chlorkalk, Kalzium- oder Natriumhypochlorit auf den Markt.

Die Farbenwerke Friedrich Bayer & Co., Leverkusen bringen unter dem Namen „Caporit" ein Kalziumhypochlorit in den Handel, das bei mäßigem Preis 50 % aktives Chlor enthält und leicht löslich ist. Bei 70 % wirksamem Chlorgehalt wird die Verbindung „Perchloron" genannt. Während die anderen festen Chlorverbindungen stark hygroskopisch sind und dadurch leicht unbrauchbar wurden, ist im „Caporit" das Chlor fest gebunden und so bei sachgemäßer Lagerung unbegrenzt haltbar. Einen einfachen und billigen Apparat, der die Zuteilung von „Caporit" entsprechend dem Wasserverbrauch regelt, stellt ebenfalls eine deutsche Firma Triton, Berlin, her. Mehr und mehr bedient man sich dieses

Verfahrens, das bei weitem das beste, billigste und einfachste ist. (Keller)

Nicht unerwähnt soll schließlich das Ozongas bleiben, das dort, wo Wasserkräfte und Kohlen zur Verfügung stehen, auch in den Tropen wirtschaftlich zur Anwendung gebracht werden kann. Der Vorteil des Verfahrens, bei dem O_2 aus Luftsauerstoff mittels elektrischer Glimmentladung erzeugt und durch Luftgebläse dem Wasser zugeführt wird, liegt in der sicheren, sofort keimtötenden Wirkung. Außerdem verbessert es den Geschmack. Die Ozonanlagen sind aber im allgmeinen doch nur für eine Zentral-Wasserversorgung in größerem Maßstabe zur Anwendung gekommen, denn je größer solche Anlage ist, desto niedriger werden die Gestehungskosten für die Einheit des Reinwassers.

IV. Feuchtigkeit aus der Luft:

Die Technik hat sich schon seit langem bemüht, an Stelle der Wasserversorgung durch Grund- oder Oberflächenwasser nach Konstruktionen zu suchen, die, wenn auch nur in begrenztem Maße die Feuchtigkeit der Luft als Wasserquelle nutzbar machen können. Die Gewinnung von Trink- und Gebrauchswasser aus der Luft ist überall da von Bedeutung, wo der Boden nicht wasserergiebig ist oder die Niederschläge so wechselnd oder spärlich sind, daß zeitweilig jegliche Wasserbeschaffung auch durch Tiefbrunnen unmöglich ist. Ein verlockender Vorteil eines solchen Wassers ist auch die in der ersten Zeit nach seiner Kondensation bestehende chemische und bakteriologische Reinheit. Seit ungefähr 10 Jahren ist man deshalb darangegangen, die Feuchtigkeit der Luft als einen willkommenen Wasserspender zumindest für Trockenzeiten heranzuziehen. In der atmosphärischen Luft ist ja bekanntlich immer Feuchtigkeit enthalten ,die beim Erreichen des Taupunktes in Form von Tropfen ausgeschieden wird. Diese Tatsache galt es technisch auszuwerten, daß also die feuchte Luft auf irgendeine Art auf den Taupunkt abgekühlt wird. Die künstliche Grundwassergewinnung durch Versickern von Oberflächenwässern ist bereits oben erwähnt. Diese Probleme um eine künstliche Wassergewinnung sind aber noch keineswegs abgeschlossen, sondern noch weitgehend im Fluß.

Auf wasserlosen Hochflächen, Bergrücken und Gipfeln finden sich zuweilen flache Teiche, die nie versiegen, trotzdem sie keinen Zufluß durch Regen, Quell- oder Grundwasser haben. Wird die Wassermenge durch starke Verdunstung oder durch tränkendes Vieh vermindert, so füllt sie sich als-

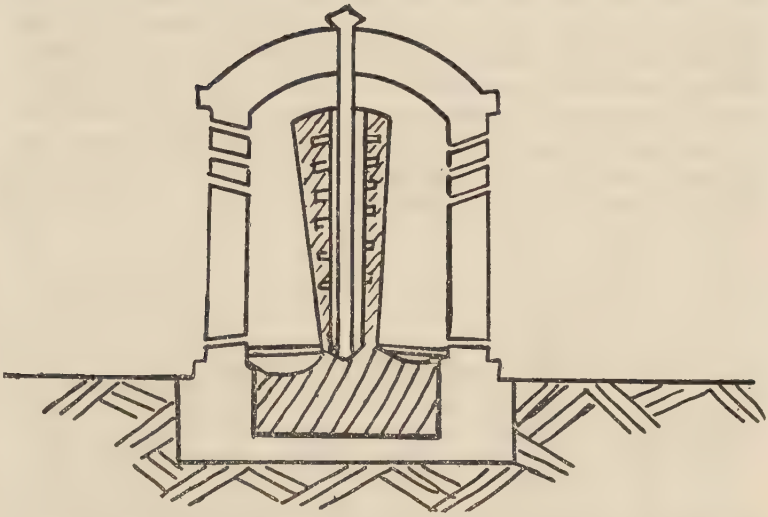
bald wieder auf. Solche Gewässer werden Himmelsteiche genannt.

In Schottland gibt es heute noch Brunnenbauer, die derartige Tau- oder Regenteiche herstellen. Zunächst wird der Boden in einem großen Umkreise ausgegraben und die ganze Höhlung mit einer dichten Lage von trockenem Stroh ausgelegt. Dieses Stroh wird dann mit einer dicken Lage ausgesuchten und gut gekneteten Tones bedeckt. Die Oberfläche des Tones wird mit Steinen bestreut. Befindet sich eine solche Anlage am Kamm eines Bergrückens, so wird der Erdboden eine beträchtliche Wärmemenge angesammelt haben. Das Stroh schützt als schlechter Wärmeleiter die Oberfläche des Teiches vor dieser Wärme. Durch Verdunstung des nassen Tones wird dieser kalt. Die Feuchtigkeit der wärmeren Luft wird sich deshalb in der Nacht auf dieser kalten Schicht niederschlagen, und der Teich füllt sich allmählich mit Wasser. Die Erfahrung hat gelehrt, daß sich in solchen Teichen reinstes Wasser befindet. Es gibt in Nordengland Brunnen dieser Art, die 100 Jahre und länger brauchbar geblieben sind. Die Hauptsache ist, daß das Stroh isoliert bleibt.

Diese Tatsache, daß solche Himmelsteiche lediglich durch Kondensation von Wasserdampf auf natürlichem Wege ihr Wasser erhalten, hat man durch sinngemäße Uebertragung auf trockene Gebiete in den Tropen in Anwendung zu bringen versucht. In den wasserlosen Steppen heißer Länder ist die warme Luft oft wasserhaltig genug, um stärkeren Nachttau niederzuschlagen.

Ebermayer hat gefunden, daß durch die Fähigkeit feinen Quarzsandes, die atmosphärischen Wasserdämpfe zu kondensieren, sogar in völlig regenlosen Sandwüsten Grundwasser gebildet werden kann.

Ein weiteres Verfahren stellt das System von Knapen dar, durch sogen. Luftbrunnen aus der Luftfeuchtigkeit Wasser zu kondensieren. Möglichst auf einer Anhöhe wird in Form eines runden oder mehreckigen Turmes aus lose geschichteten Steinen ein Bauwerk errichtet, dessen Inneres mit scharfkantigen Steinbrocken ausgefüllt ist. In dem oberen Teil führen Luftrohre aus allen Richtungen schräg zum Innenraum, während ebensolche Rohre im unteren Teil von innen schräg nach außen laufen. Die ersteren dienen zum Einströmen der feuchten Außenluft, die unteren zum Ausströmen der Luft, die ihr Kondensat an die kalten Steinwände abgegeben hat. Das Wasser wird in einem unterirdischen Behälter gesammelt. Wird nun die Temperatur in einem solchen Bauwerk noch künstlich bedeutend herabgesetzt, so wird damit natürlich der Feuchtigkeitsniederschlag ein entsprechend größerer werden. Derartige Bauwerke könnten auch gleichzeitig als Richtungsweiser für Flugzeuge, als Radiostationen oder Karawanenraststellen dienen. Es sind mehrere Patente dieser Art unter Schutz gestellt, die durch Kältemittel oder Kältemaschinen die Ausbeute an Wasser vergrößern. Das Prinzip als solches soll die Zeichnung veranschaulichen.



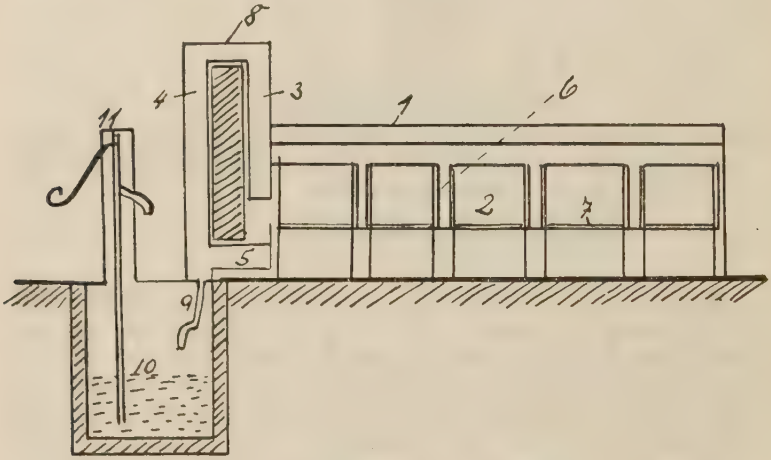
Der deutsche Erfinder Dr. E. h. Altenkirch hat eine Vorrichtung konstruiert, die unter Ausschaltung jeglicher künstlicher Kälteerzeugung auch in Gegenden arbeitet, in denen größere Temperaturunterschiede in Form der täglichen Schwankungen zwischen Tages- und Nachttemperatur nicht ausgeprägt zu sein brauchen.

Nach diesem Verfahren wird zunächst der Luft durch hygroskopische d. h. wasserentziehende Mittel ihre Feuchtigkeit entzogen. Als ein solcher Stoff hat sich Holz als besonders vorteilhaft erwiesen. Trockenes Holz hat an und für sich eine größere Aufnahmefähigkeit für Wasser und wird hier in dünnen Lagen oder Spänen von nur wenigen mm Stärke verwendet. Diese Holzbrettchen werden während der Nachtzeit in großen Mengen unter freiem Himmel der Luft ausgesetzt. Diese so mit Feuchtigkeit beladenen Hölzchen werden in aller Frühe vor Sonnenaufgang in einen geschlossenen Raum gebracht, der ähnlich einem Gewächshaus mit Fenstern versehen ist. Die durch die Sonnenstrahlung erzeugte Temperaturerhöhung in diesem Raum erwärmt die Luft, und das in den Holzbrettchen enthaltene Wasser verdunstet wieder. Vorbeistreichende Luft bringt die so entstandene Feuchtigkeit zu einem kühlen Ort im Schatten einer Mauer, einer Hecke oder ähnlichem. Ein Teil der Luftfeuchtigkeit wird hier durch Niederschlag ausgeschieden, wonach die Luft dann wieder von unten dem Raum mit den Holzbrettchen zuströmt, so daß ein steter Kreislauf gegeben ist. Die Kühlung im Schatten bewirkt bei hohem Temperaturunterschied zwischen der Sonnen- und der Schattenseite eine schnelle Abgabe einer je nach dem Feuchtigkeitsgehalt der Holzbrettchen mehr oder minder großen Wassermenge.

An Orten mit größerer Lufttrockenheit während der Nacht kann die Wassergewinnung dadurch erhöht werden, daß im oberen Teil des Niederschlagsraumes, der in den frühen Tagesstunden der Sonne ausgesetzt ist, während er gegen Abend im Schatten liegt, fein verteiltes Holz ausgebreitet wird. Dieses trocknet während der Sonnenstunden

am Morgen und ist deshalb nachmittags in der Lage, die umgebende Luft vor dem Eintritt in den Raum mit den Holzbrettchen den hygroskopischen Stoffen bis auf die letzten Reste Feuchtigkeit zu entziehen. Diese Stoffe sind dann in den Nachtstunden um so mehr aufnahmefähig für Wasser.

In der folgenden Zeichnung ist dieses Prinzip näher ausgeführt, wie es in der britischen Patentschrift 432 394 dem Erfinder unter Schutz gestellt ist.



Der gewächshausartige Bau ist an den Längsseiten und auf dem Dache mit Glasfenstern 1, 2, abgedeckt, durch die die Sonne gute Einstrahlungsmöglichkeit hat. Der Luftkreislauf, der sich tagsüber einstellt, geht durch die Kanäle 3, 4 und 5 bzw. zum großen Innenraum 6. Die von dieser Luft den wasseranziehenden Stoffen 7 entnommene Feuchtigkeit wird auf dem Kreislauf durch den hinter einer Hecke, Mauer o. dgl. gelegenen Niederschlagsraum 8 geführt, wo die Ausscheidung der Feuchtigkeit durch Niederschlag erfolgt. Das so gewonnene Wasser fließt durch den Abfluß 9 und sammelt sich in der Grube 10 und kann mit einer Pumpe 11 daraus entnommen werden. Die ganze Vorrichtung kann auch ortsbeweglich gebaut werden. Die ungefähr 2 m² großen Geräte gewährleisten eine mittlere Wassergewinnung von 2 l / pro Tag. Zur größeren Ausbeute empfiehlt es sich jedoch, mehrere Geräte aufzustellen, wodurch natürlich trotzdem nur der Mindestbedarf an einwandfreiem Wasser in an sich bodenwasserarmen Gegenden gedeckt werden kann.

Abschließend sei noch darauf hingewiesen, daß die Kühlung von Häusern in den Tropen nach dem gleichen Verfahren durchgeführt werden kann. Die Außenwände des Hauses werden dabei in Form von Hohlschächten gebaut und mit wasserentziehenden Stoffen ausgefüllt. Die Sonne treibt nun gleichsam tagsüber das in diesen Schächten zur Nachtzeit aufgefangene Wasser aus, das gleichzeitig niedergeschlagen und wieder zurückgewonnen wird. Neben einer

geringen Wasserausbeute durch den dauernden Luftumlauf wird auf diese Weise eine kostenlose Wohnungskühlung erzielt.

Zur Vollständigkeit sei an dieser Stelle noch das Kumm'sche Verfahren erwähnt, das ebenfalls durch Niederschlag der Luftfeuchtigkeit eine Bewässerung von Pflanzungen in trockenen Gebieten bezweckt. Durch eine künstliche Bodenkühlung soll eine Kondensation im Boden bewirkt werden. Dieses Ziel wurde dadurch erreicht, daß ein dicht über dem Erdboden liegendes, mit einem Kühlmittel durchflossenes Rohrnetz so weit gekühlt wurde, daß der in den Poren des Erdbodens vorhandene oder der darüber in seiner unmittelbaren Nähe befindliche Wasserdampf sich niederschlägt und eine Aufnahme des so kondensierten Wassers durch den porösen Erdboden erfolgt. Die Schwierigkeit hierbei besteht nur in der Erzeugung der Abkühlung durch Kältemaschinen.

Wasserspendende Pflanzen:

So unbedeutend auch pflanzliche Wassergewinnungsarten der Menge nach sind, so bedeuten sie doch in Wüstengegenden, wo jeder Tropfen Feuchtigkeit gezählt wird, eine nicht zu unterschätzende Wasserquelle. Bei den Eingeborenen sind wasserspendende Bäume zur Flüssigkeitsgewinnung bekannt und allgemein üblich, ja sie ersetzen bisweilen sogar die sonst gebräuchlichen Bezugsarten überhaupt. In Australien erhalten die Eingeborenen Wasser aus dem Stamm des Papierrindenbaums, in anderen Gegenden auch aus den Eukalypteenwurzeln, die als besonders wasserreich gelten. Ganze Araberstämme mitsamt ihrem Vieh sind zu gewissen Jahreszeiten gänzlich abhängig von der Flüssigkeit einer Melonenart. Das Innere des Affenbrotbaums, der ausgehöhlt wird, dient als Wasserspeicher, in dem bis 100 Kamelladungen Wasser aufbewahrt werden können.

Aus den Wurzeln des Needle-bush, einer Hakeaart, kann bis zu 2,5 l Wasser gepreßt werden. In Südwestafrika spielen die Wassermelonen eine große Rolle. Von größter Bedeutung ist während der trockenen Jahreszeit in der Kalahariwüste der wäßrige Inhalt von Kürbis- und Melonenfrüchten, vor allem der Tsama, einer Citrullusart. Der Saft dieser Früchte dient den Buschmännern 2—3 Monate hindurch als einzige Wasserquelle überhaupt.

In Südamerika werden die wasserreichen Wurzeln der Pangue (Gumera chilenis) oder des Cereus quisco gegessen, um den Durst zu stillen. Schnei-

det man aus dem Stammstück von letzterem einen Teil aus, so füllt sich der Einschnitt mit gesundem, klaren Wasser. Durch einen planvollen Anbau derartiger Pflanzen ist damit ein weiterer Weg gewiesen zu einer Erschließung von Wüsten- und Trockengebieten.

Wasserleitung und Wassertransport:

Von eben derselben Bedeutung wie die Gewinnung von Wasser ist gerade in den Tropen sein hygienischer Transport von der Quelle bis zum Verbraucher. Das Ziel ist hier eine zentrale Wasserversorgung aller größeren Gemeinwesen. Seit der Jahrhundertwende gingen die deutschen Behörden planmäßig an den Ausbau und an Neuanlagen von Wasserleitungen in den größeren Städten unserer Kolonien.

Die Arbeit wurde auch unter den Mandatsregierungen fortgesetzt, so daß heute wohl keine größere Binnen- oder Küstenstadt ohne Wasserleitung ist. Bei der Seltenheit guter und einwandfreier Wasserstellen in den Tropen ist in der Mehrzahl der Fälle eine längere Zuleitung nötig als in Europa. Meistens ist ja schon die Voraussetzung zur Anlage einer Binnenstadt das Vorhandensein eines nach Menge und Qualität ausreichenden Trinkwassers gewesen. Küstenstädte können nur in seltenen Fällen mit Rücksicht auf Handel und Schiffsverkehr an Wasserstellen errichtet werden. Bei Ermangelung einer zentralen Wasserversorgung sollte jeder Europäer ein eigenes geschlossenes Hauswasserwerk haben, wie ein solches z. B. auf der Dresdener Kolonialausstellung 1939 von den Siemens & Schuckert-Werken AG. ausgestellt wurde. Der Schwarze darf zu einer derartigen Anlage natürlich keinerlei Zutritt haben.

Eine Frage der jeweiligen Oertlichkeit ist die Wahl des Materials für die Leitungsrohre. Frisch verlegte Rohrnetze müssen zunächst keimfrei gemacht werden, was am zweckmäßigsten durch Chloren geschieht. Reines in Röhren gefaßtes Wasser kann an Leckstellen infiziert werden, besonders durch die Saugwirkung bei Pumpenleistung und bei Unterbrechung des Wasserstroms. Auch die Tiefenlage der Rohrleitung, ihr Durchmesser und ihre Länge ist durch den Einfluß der von diesen Faktoren abhängigen Temperatur von Bedeutung auf die Keimzahl eines Wassers. Bakteriologisch erstrebenswert ist eine möglichst niedrige Temperatur, die einer Entwicklung von Keimen abträglich ist. In kleineren Ortschaften oder in Eingeborenenvierteln größerer Städte hat man mit an den Straßen

stehenden Standrohren, von denen aus Wasser abgegeben wird, gute Erfahrungen gemacht.

Künstliche Selterswässer:

Der Genuß europäischer Sauerbrunnen oder Sodawässer ist von jeher in den Tropen sehr beliebt gewesen und einen großen Teil des Schiffsraumes nahm die Einfuhr dieser Wässer ein. Es machte sich deshalb schon weit vor dem Krieg eine Selterswasserfabrikation auf, die gerade in den deutschen Kolonien vielfach in den Händen von Indern lag. Heute besitzen fast alle europäischen Niederlassungen in den Tropen Unternehmungen, die eine Verkoppelung einer Eisfabrik mit einer Selterswasserfabrik, Kino und Elektrizitätswerk darstellen. (Rodenwaldt) Das eisgekühlte, kohlensäure- und fruchtsafthaltige Wasser ist eben der Urlaubstraum jedes Binnenländers und ist der erfrischendste Genuß in dem heißen Tropenklima.

Während Wissenschaft, Wirtschaft und Technik sich so bemühen, die Wasserversorgung und damit die Lebensgrundlage für den Menschen in den Tropen sicherzustellen, nehmen besonders in den letzten 20 Jahren die Probleme der organisierten Wasserwirtschaft, im Sinne der Sicherung der Ernährungsgrundlage in dem „Heißen Erdteil" überhaupt, einen immer größeren Raum ein. Es muß das Ziel sein, die riesengroßen für die menschliche Ernährung unendlich wichtigen Anbauflächen in einen gesicherten d. h. besonders in den Trockenzeiten mit Wasser versorgten Kulturzustand überzuführen. In Deutschland hat sich erstmalig nach dem Kriege die Technik der künstlichen Beregnung von Feldern entwickelt, hauptsächlich in der Gartenbauindustrie und im feldmäßigen Gemüsebau. Dann aber ging man in größerem Maßstabe zur Sicherung der Futterbasis für Milchvieh zur künstlichen Beregnung über. Von einer weitaus größeren Notwendigkeit sind solche Unternehmungen für die Landwirtschaft des schwarzen Erdteils.

Gewiß sind die Voraussetzungen für Afrika in vielen Punkten andere als für die Heimat. Die hohen Tagestemperaturen bewirken eine sehr starke Verdunstung. Dennoch dürfte die Regenanlage dasjenige Betriebsmittel sein, welches, wenn überhaupt an eine Bewässerung gedacht werden kann, gerade für den Pflanzer zur Beregnung seines Landes den klimatischen Voraussetzungen am meisten Rechnung trägt. Gerade in den letzten Jahren hat die Industrie verschie-

dene bewährte Konstruktionen von derartigen Großflächenregnern auf den Markt gebracht.

In dem Wechselspiel zwischen Niederschlag und Vegetation ist der Wasserkreislauf aufs engste mit dem Klima und damit der Kulturfähigkeit eines Landes verbunden. Es ist naheliegend, durch die verschiedensten rassekundlichen und kulturpolitischen Entwicklungen den Untergang großer Reiche der Geschichte zu erklären. Der Raubbau mit der Vegetation, insbesondere mit den Wäldern eines Landes, der eine Austrocknung des Bodens und eine Versteppung und mittelbar eine Aenderung des Klimas dadurch zur Folge hatte, hat ohne Zweifel hie und da eine nicht unwesentliche Rolle in der Entwicklung der Völker mitgespielt. Bei einer historischen Betrachtung müssen wir heute annehmen, daß heute die klimatischen Verhältnisse gewisser Länder ganz andere sind als zu den Zeiten, als dort blühende Kulturen entstanden, um nach einigen Jahrhunderten wieder zu versinken. Nicht nur der Landschaftscharakter, sondern Vegetation, Grundwasserspiegel und Klima können eine weitgehende Umstimmung durch eine planlose Entwaldung erfahren, wie sie z. B. durch Jahrhunderte auf der italienischen Halbinsel betrieben wurde. Es kommt nun darauf an, diese Faktoren unter Ausnutzung der vorhandenen Energiequellen, besonders der Wasserkräfte in günstigem Sinne nutzbar zu machen. In keinem Lande sind die Vorbedingungen dafür so günstig wie in Afrika. Zu der intensiven Strahlungsenergie der Sonne kommt, daß Afrika der wasserkraftreichste Erdteil der Welt ist. Die Tabelle soll eine mit Europa vergleichende Uebersicht geben:

Gebiet	Vorhanden (1000 PS)	Bis 1935 ausgebaut	%
Kongo, belg.	90 000	70	—
Kongo, franz.	35 000	—	—
Nigeria u. Kamerun	9 000	6	—
Südafrikanische Union	1 000	7	—
Insel Madagaskar	5 000	4,5	—
Afrika im ganzen	190 000	115	0,51
Europa	58 000	24 300	42
Welt	472 000	55 000	11,6

Nur ein Bruchteil dieser unvorstellbaren Energiequellen ist bisher erschlossen wor-

den. Mit dem Nil, dem Kongo und Sambesi u. a. m. verfügt Afrika über die größten Flußgebiete. Die feuchtesten und niederschlagsreichsten Länder und auf der anderen Seite die größten Wüstengebiete und regenärmsten Orte umschließt dieser Erdteil. Es sind schon nicht mehr Zukunftsprobleme der Technik, den Ausgleich der Wassermengen herbei zuführen und damit vielleicht sogar klimatische Aenderungen zu erzielen als Folge der Wasserwirtschaft.

In den deutschen Kolonien hatte Rehbock bereits um 1900 den Plan einer großen zentralen Wasserwirtschaft für Südwestafrika entworfen. Im Norden haben wohl die französischen Kolonialregierungen in den letzten 70 Jahren auch zu arbeiten begonnen, aber die großzügigen Fernleitungsprojekte des Wassers sind noch nicht aufgegriffen worden. Vor einigen Jahren tauchten Pläne auf, durch Aufstauung des Kongobeckens ein großes Binnenmeer in Mittelafrika zu schaffen und vielleicht damit auch eine Aenderung des gesamten Klimas zu bewirken (Reisner). Auch wurde erwogen, die gewaltigen Wasserkräfte und Wasservorräte zu benutzen, um mit Rohrleitungen auf weite Entfernungen Wasser in Dürregebiete zu leiten?

Tausende von Kilometer lange Rohrleitungen schaffen das Oel heran, warum sollte das nicht auch mit Wasser möglich sein? Der Grund, warum alle diese Projekte bisher noch nicht in Angriff genommen worden sind, ist wohl darin zu suchen, daß solche Pläne der „Wasserpolitik" eben nur mit staatlichen Mitteln durchgeführt werden können und es der engsten Zusammenarbeit der in Afrika kolonisierenden Mächte bedarf. Die „Verdurstung" eines Landes wie Südafrika darf nicht eintreten. Das Problem der Versteppung hängt von der Wasserversorgung weiter Flächen ab. Darum sind Bewässerungspläne wichtiger als alle möglichen Industrialisierungsprojekte. Das Interesse dafür kommt dann von allein.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß das Wasser für die warmen Länder die Grundlage der Besiedlung und Fruchtbarkeit ist und seine Beschaffung schlechthin das Problem der Tropen ist. Zwei Aufgaben stehen dabei im Vordergrund:

1. die Versorgung mit einwandfreiem Wasser für Mensch und Tier in Städten und auf einsamer Pflanzung und

2. die Gewinnung einer ausreichenden Wassermenge für

eine moderne großzügige Bewässerung für Ackerbau, Forst- und Viehwirtschaft.

Die Frage einer umfangreichen, planvollen Wasserwirtschaft unter Ausnützung der naturgegebenen Kräfte ist aber nicht allein eine Angelegenheit der Wissenschaft und Technik, sondern letzten Endes auch eine der Politik. Nur eine gerechte, sinnvolle Verständigung aller beteiligten Völker kann die Voraussetzung für eine wirklich großzügige Wasserpolitik und damit für die hygienische und kulturelle Eroberung der Tropenzonen schaffen.

Literatur

Annual Report of the Public Works Department 1930—37 Including Annual Report of Medical Laboratory Dar as Sa'aam

Brinkhaus P.: Anlagen zur Gewinnung natürlichen und künstlichen Grundwasser.

Clemesha W.: The bacteriology of surface waters in the tropics. London 1912.

Eijkmann: Zur Reinigung des Trinkwassers mittels Ozon. Zentralbl. f. Bakt. Abt. 1, Orig.-Bd. 40.

Giemsa: Trinkwasserverhältnisse und -untersuchungen in den Kolonien. Archiv f. Schiffs- und Tropenhyg. S. 447. 1903.

Groß E.: Handbuch der Wasserversorgung. München (Oldenbourg) 1928.

Gradenwitz A.: Künstliche Wetterbeeinflussung. Hbg.Fremdenbl. 29. 10.

Haedicke H.: Die Gewinnung von Wasser in trockenen Gegenden. Gesundheitsingenieur 30. Jahrg. Nr. 31. München 1907.

Herrmann F.: Die wasserwirtschaftlichen Grundlagen der Tropen mit besonderer Berücksichtigung Südwestafrikas. Der Tropenpflanzer 1928.

Hirth P.: Die künstliche Bewässerung, Bewässerungsmethoden und Systeme aller Erdteile. Der Tropenpflanzer 1928. Beiheft 1. Berlin.

Huß H.: Die Wasserreinigung in bakteriolog. Hinsicht, ein Beitrag zur Langsamfiltrierung. Stockholm 1919.

Jäger F.: Die Frage der Austrocknung Südwestafrikas und die Maßregeln dagegen. Tropenpflanzer 29. Jahrg. Nr. 4. Berlin 1926.

Keller H.: Zur biologischen Grundwasseruntersuchung. Dt. Wasserwirtschaft II. 1926.

Keller H.: Wassergewinnung in heißen Ländern 1929.

König Fr.: Die Wasserfrage in Deutsch-Südwestafrika. Dt. Kol.-Zeitung 1905.

Korthof G.: Untersuchungen über die Brauchbarkeit eines Jewellfilters in den Tropen zur Reinigung von Flußwasser. Geneesk. Tijdsch. v. Ned. Indie Bd. 62 Nr. 3 1922.

Kuhn A.: Zur Frage der Wassererschließung in Deutsch-Südwestafrika. Dtsch. Kolonialbl. Nr. 5. 1905.

Lacey J.: Hydrology and Ground Water. London 1926.

Lauz K.: Dürrsicherung durch Regenanlagen. Akotech Jan. 1938.

Lewandowski P.: Künstlicher Regen. Allgem. Zeitung Windhuk 31. 7. 1929.

Löwy: Elektrodynamische Erforschung des Erdinneren. Wien 1927.

Medizinal-Berichte über die deutschen Schutzgebiete 1900—1913.

Ohlmüller u. Spitta: Die Untersuchungen des Wassers und Abwassers. Berlin 1921.

Ottweiler E.: Die Niederschlagsverhältnisse in Deutsch-Südwestafrika. Mittl. aus d. Dt. Schutzgeb. Bd. 20. 1907.

Paap W.: Die Niederschlagsverhältnisse des Schutzgeb. Deutsch-Ostafrika. Aus dem Archiv der Deutsch. Seewarte 53. Bd. Nr. 3 Hamb. 1934.

Pengel W.: Der praktische Brunnenbauer. Berlin.

Raju G.: Certain Limitations of the bact. coli method in Water examination. Il. of Hyg. Bd. 21 Nr. 2. 1922.

Raju G.: Observations on the working of slow sand filters. Indian Il. Med. Res. Bd. 13/1. 1925.

Range P.: Zur Wasserstellenkunde des Namalandes. Mitt. aus d. Dt. Schutzgebieten Bd. 32. Berlin 1920.

Rehbock Th.: Deutsch-Südwestafrika, seine wirtschaftliche Erschließung unter besonderer Berücksichtigung der Nutzbarmachung des Wassers. Berlin 1898.

Reichmann W.: Die Bedeutung der Wasserwirtschaft im Rahmen der Auslandstechnik. Akotech 1937 Heft 5/6.

Reichle: Kondensationsanlagen zur Gewinnung von Trinkwasser aus der Luftfeuchtigkeit. Wasser u. Gas 12. Jahrg. Heft 2/3 1921.

Reisner H.: Energiewirtschaft in Afrika, Akotech Mai 1938.

Ritter Ph.: Wassergewinnung aus der Luft. Akotech Mai 1938.

Rodenwaldt E.: Tropenhygiene 1938.

Rouge-Mühlens-zur Verth.: Krankheiten und Hygiene der warmen Länder.

Schepilewsky: Ueber den Prozeß zur Selbstreinigung der natürlichen Wässer nach ihrer künstlichen Infizierung durch Bakterien. Arch. f. Hyg. Bd. 72/73. 1910.

Schilling Cl.: Tropenhygiene 1909.

Schwarz E. H. L.: The Kalahari or Thirstland Redemption. Kapstadt (Miller) 1920.

Stiles: Recent investigation on Excreta Disposal. Il. Parasit. Bd. 7 Nr. 2. 1920.

Stiles u. Crohurst: The principles underlying the movement o bact. coli in ground water with resulting pollution of wells. Publ health rep. Bd. 38. Nr. 23. 1923.

Tiemann F. u. Gärtner: Handbuch der Untersuchungen u. Beurteilung des Wassers. Braunschweig 1906.

Tresh John C.: A simple Method of water analysis, 9. Aufl. London 1918.

Vageler P.: Bemerkungen zur Bewässerungsfrage in Deutsch-Ostafrika. Der Pflanzer Nr. 6 Berlin 1912.

Wolff L. K.: Ueber ein auch bei trop. Temperatur steriles Wasser lieferndes Filter. Centralbl. f. Bakt. Bd. 101. Heft 4/5 Jena 1927.

Ziegler P.: Talsperrenbau. Berlin 1925/26.

Ziemann H.: Gesundheits-Ratgeber für wärmere Zonen. Berlin 1928.

Ziemann H.: Wie erobert man Afrika für die weiße und farbige Rasse? Berlin 1939. II. Aufl. Verlag J. A. Barth. Leipzig.

Am Schlusse der Arbeit möchte ich Herrn Marine-Generalarzt a. D. Prof. Dr. Ziemann für die Ueberlassung des Themas und die Durchsicht der Arbeit bestens danken.

Lebenslauf

Ich wurde am 28. Juli 1915 als Sohn des Kaufmanns Arno Görwitz in Fichtenau, Kreis Niederbarnim, geboren. Von 1922 bis 1926 besuchte ich die Grundschule meines Heimatortes und von 1926 bis 1935 das König-Friedrich-Realgymnasium zu Berlin-Friedrichshagen, wo ich 1935 das Abitur bestand. Am 1. April 1935 trat ich als Sanitätsoffiziersanwärter in die Wehrmacht ein. Nach Versetzung zur Militärärztlichen Akademie machte ich nach dem 5. Semester im Herbst 1937 das Physikum in Berlin. In den beiden ersten klinischen Semestern studierte ich in München und die folgenden wieder an der Universität Berlin.

Carl-Heinz Görwitz.